



AGRICULTURES
ET DÉFIS DU MONDE
Collection Cirad-AFD

La transition agro-écologique des agricultures du Sud

F.-X. Côte, E. Poirier-Magona,
S. Perret, P. Roudier,
B. Rapidel, M.-C. Thirion,
éditeurs



éditions
Quæ

Partie 1

Études de cas

CHAPITRE 1

Co-concevoir des systèmes de polyculture-élevage innovants en zone cotonnière au Burkina Faso

Éric Vall, Mélanie Blanchard, Kalifa Coulibaly, Souleymane Ouédraogo, Der Dabiré, Jean-Marie Douzet, Patrice K. Kouakou, Nadine Andrieu, Michel Havard, Eduardo Chia, Valérie Bougouma, Mahamoudou Koutou, Médina-Sheila Karambiri, Jethro-Balkewnde Delma, Ollo Sib

Dans l'ouest du Burkina Faso, les producteurs sont confrontés à une forte variabilité pluviométrique et à des prix agricoles très volatiles (Cooper *et al.*, 2008). De telles incertitudes ont conduit l'immense majorité d'entre eux à diversifier la production et à pratiquer la polyculture-élevage à bas niveaux d'intrants, pour garantir leur autosuffisance alimentaire tout en limitant les risques économiques. Leurs systèmes de polyculture-élevage sont basés sur le coton, les céréales (maïs, sorgho), les légumineuses (arachide, niébé), et l'élevage de bovins et de petits ruminants (Vall *et al.*, 2006).

Les producteurs ont longtemps privilégié une stratégie d'extension des cultures et du cheptel, tant que des espaces étaient disponibles pour étendre les surfaces agricoles et pour trouver de nouveaux pâturages (Milleville et Serpantié, 1994). Mais à mesure que la population et la pression foncière ont augmenté, les producteurs ont mis en œuvre des stratégies

d'intensification de la production agricole (Ouédraogo *et al.*, 2016 ; Jahel *et al.*, 2017). L'intensification de la production devait leur permettre de maintenir voire d'augmenter les niveaux de production pour répondre à l'accroissement de la demande locale en produits agricoles (Bricas *et al.*, 2016). Les politiques agricoles et les opérateurs du développement ont fortement encouragé cette intensification pour atteindre la sécurité alimentaire et accroître les exportations[1]. Cela s'est traduit par la réduction des jachères, le passage à la culture continue, le surpâturage, le recours accru aux intrants de synthèse (Vall *et al.*, 2017). Les producteurs ont aussi intensifié la production en renforçant l'association de l'agriculture et de l'élevage pour être plus autonomes en énergie agricole, en fourrages et en fumure organique. Mais l'augmentation persistante de la pression agricole et pastorale sur les ressources naturelles a contribué à dégrader et à fragiliser les ressources naturelles, entraînant une baisse de fertilité des sols (Bationo *et al.*, 2007), un appauvrissement des pâturages (Vall et Diallo, 2009), et un affaiblissement critique des potentiels de production et de renouvellement des agroécosystèmes.

Dans un tel contexte, la transition agro-écologique doit être favorisée pour diversifier et pour accroître durablement la production agricole, tout en préservant les agroécosystèmes. Mais ce type de transition implique des changements de pratiques agricoles profonds (Duru *et al.*, 2014 ; Tittonell, 2014) et par conséquent nécessite un travail de co-conception de systèmes agricoles innovants destiné à impliquer les producteurs dans l'expérimentation de nouvelles pratiques, dans leur évaluation, leur adaptation et à les accompagner dans ces changements (Cirad, 2016). C'est dans cette perspective que, depuis 2005, des travaux de co-conception de systèmes de polyculture-élevage innovants ont été mis en œuvre dans l'ouest du Burkina Faso pour analyser les interactions à l'œuvre entre la végétation, les troupeaux et les cultures à différentes échelles (exploitation, territoire), et pour rechercher des options d'optimisation de ces interactions afin de produire des effets d'intensification durables (Vall *et al.*, 2016).

Après avoir rappelé les principes de la co-conception de systèmes agricoles innovants, nous présenterons une synthèse des évolutions observées dans les systèmes de polyculture-élevage, puis nous exposerons des exemples de travaux de conception d'innovations agro-écologiques, techniques et organisationnelles, réalisés à l'échelle des territoires, des exploitations et des systèmes de production. En conclusion, nous tirerons les enseignements des succès et des échecs de ces travaux.

Dispositifs de co-conception de systèmes de polyculture-élevage innovants

Née de la rencontre entre une volonté de changement portée par des acteurs de terrain et des chercheurs désireux d'accompagner ces acteurs dans ce projet, la co-conception de systèmes polyculture-élevage innovants vise à produire des connaissances utiles et à mettre en place les apprentissages nécessaires pour que les acteurs soient en capacité de mener à bien leur projet de changement (Vall *et al.*, 2016).

La co-conception s'appuie en théorie sur des dispositifs multi-acteurs, composés d'adhérents volontaires et partenaires, reconnaissant un cadre éthique qu'ils ont eux-mêmes élaboré pour protéger les valeurs et les objectifs négociés au départ. Dans nos travaux, en pratique, nous nous sommes d'abord appuyés sur des Comités de concertation villageois (Koutou *et al.*, 2011) impliquant les producteurs dans leur diversité, les techniciens et conseillers agricoles et les chercheurs. Ayant constaté les limites d'un partenariat de proximité pour régler les questions soulevées par l'innovation qui dépendent aussi des acteurs des chaînes de valeurs intervenant en amont ou en aval des exploitations, et des acteurs impliqués dans la gouvernance des territoires, nous avons établi des plateformes d'innovation (Dabiré *et al.*, 2016) pour élargir le partenariat aux acteurs des filières et aux collectivités locales.

Sur le plan fonctionnel, la co-conception s'appuie aussi sur une démarche progressive et itérative comportant des phases d'exploration, de mise en œuvre du changement, et d'évaluation.

Dans la phase d'exploration, on cherche à comprendre les préoccupations et les attentes des acteurs de terrain, à travers des diagnostics réalisés à l'échelle des exploitations et des territoires pour analyser les pratiques des producteurs (causes, modalités, performances), afin d'identifier les changements en cours, les contraintes, et les jeux d'acteurs locaux. On explore aussi les moyens mis en œuvre par les acteurs pour résoudre les problèmes (savoirs et pratiques locales), et on fait l'inventaire des connaissances scientifiques disponibles pour répondre à ces problèmes. On peut s'appuyer sur des modèles informatiques pour explorer une large gamme de futurs possibles mettant en œuvre des changements profonds et pour évaluer *ex-ante* leurs effets sur les systèmes de polyculture-élevage par simulation, autrement dit pour étudier de façon systématique la

faisabilité des options voulues (Andrieu *et al.*, 2012). Des ateliers de restitution permettent de définir une représentation commune de la situation initiale et des problèmes à traiter, puis d'établir des liens entre les problèmes et leurs causes possibles, et enfin, de proposer des hypothèses de recherche et une première liste de solutions envisageables.

Dans la phase de mise en œuvre du changement, on choisit parmi les innovations possibles celles qui correspondent aux évolutions voulues, et donc compatibles avec les moyens disponibles, ce qui engage des réflexions sur la faisabilité de l'ensemble des innovations. Puis on élabore des protocoles d'expérimentation pour comparer les options choisies en spécifiant les engagements réciproques des acteurs sur les opérations à conduire. Enfin, on teste ces options chez les producteurs selon leur propre gestion, et on mesure leurs performances sur les critères définis avec les acteurs. Dans cette approche pas à pas de la co-conception, le producteur met progressivement au point un nouveau système, en même temps qu'il apprend à le piloter, se convainc de son intérêt, et réorganise son travail et ses moyens de production (Meynard *et al.*, 2012).

Dans la phase d'évaluation et de bilan, on retient les options qui maximisent les effets recherchés tout en minimisant les externalités négatives. L'évaluation *ex-post* consiste à vérifier si les objectifs fixés au départ ont été atteints ou pas en termes d'*outputs* (invention de nouveaux produits, de nouvelles technologies, de nouvelles organisations), d'*outcomes* (changement de pratiques ou de mode d'organisation) révélant chez les acteurs des apprentissages de savoir-faire et un renforcement de leur capacité à innover (changements de pratiques techniques ou organisationnelles...), et, si possible, en termes de premiers impacts. Un début d'adoption des principes innovants accrédite les hypothèses de départ et signe le succès du travail. À ce stade, les acteurs peuvent alors décider de se désengager du travail de co-conception. Mais parfois, quand certaines contraintes et ressources ont été omises lors du diagnostic, l'adoption ne se produit pas. Dans une telle situation, le travail de problématisation de la phase d'exploration doit être relancé.

Évolutions observées dans les systèmes de polyculture-élevage

Nous avons analysé les évolutions des systèmes de polyculture-élevage à

partir de diagnostics réalisés dans les phases d'exploration des travaux de co-conception. Nous présentons ci-après une synthèse des évolutions observées.

Globalement, les systèmes de polyculture-élevage de l'ouest du Burkina Faso sont encore à un stade peu avancé de la transition agro-écologique, si l'on se réfère au cadre d'analyse de cette transition proposé par Tittonell (2014). Ils se caractérisent par le maintien de l'usage d'intrants de synthèse à un niveau modéré, combiné à l'introduction de pratiques à caractère agro-écologique dans une logique d'éco-efficience ou de substitution partielle des intrants de synthèse par des processus écologiques.

Diversité et trajectoires d'évolution

Les premières études ont montré que les systèmes de polyculture-élevage ne formaient pas un ensemble homogène (Vall *et al.*, 2006). Il était dès lors évident que toute réflexion sur le changement technique dans ces systèmes devrait prendre en compte cette diversité pour répondre aux contraintes et aux possibilités des producteurs. Trois classes de systèmes de polyculture-élevage ont été identifiées (tab. 1.1) : les agriculteurs avec un système dominé par l'agriculture, majoritaires ($\frac{1}{28}$ 60 %), et de dimension variable (A1, A2, A3) ; les éleveurs, minoritaires ($\frac{1}{28}$ 20 %), avec un système dominé par l'élevage bovin de taille variable (E1, E2) et une agriculture vivrière ; et les agro-éleveurs (AE), minoritaires ($\frac{1}{28}$ 20 %), cultivant de grandes surfaces et propriétaires d'un cheptel important.

Tableau 1.1. Typologie de structure des systèmes de polyculture-élevage (établie sur un échantillon de 350 exploitations de l'ouest du Burkina Faso enquêtées en 2008).

Groupes	Classes	Cheptel bovin (têtes)	Surface cultivée (ha)	Pourcentage (%)
Agriculteurs	A1	< 10	< 5	18
	A2		5,1-10	26
	A3		> 10,1	16
Agro-éleveurs	AE	> 10	> 7,5	20
Éleveurs	E1	10-29	< 7,5	5

Éleveurs	E2	> 30	< 7,5	15
----------	----	------	-------	----

Nous avons ensuite réalisé une caractérisation des trajectoires des différentes catégories de systèmes de polyculture-élevage, afin de mieux comprendre les évolutions en cours, et ainsi voir si elles présentaient certains aspects d'une transition agro-écologique. Ce travail a été réalisé sur un échantillon d'une quarantaine d'exploitations comprenant ces trois catégories. Les données ont été collectées par enquêtes rétrospectives sur trois périodes : l'installation de l'exploitation, le présent de l'exploitation, le futur à moyen terme envisagé par le chef d'exploitation. L'analyse était basée sur des variables de structure et s'est appuyée sur une analyse multivariée (voir Vall *et al.*, 2017, pour les détails de la méthode). La figure 1.1 présente les trajectoires d'évolution simplifiées des différentes catégories de systèmes de polyculture-élevage.

La figure 1.1 montre que, depuis leur installation, l'extension des surfaces, l'augmentation du cheptel et de l'équipement sont des objectifs unanimement recherchés par les producteurs. Elle montre aussi que les producteurs comptent les poursuivre dans le futur, et ce malgré un contexte foncier de plus en plus contraint. Chez les agriculteurs, c'est surtout l'extension des cultures qui domine : chez les agriculteurs A1-2, l'évolution est modeste, voire problématique dans certains cas avec une décapitalisation du maigre cheptel ; chez les agriculteurs A3, on semble avoir la situation présente des agro-éleveurs en ligne de mire. Chez les éleveurs, l'augmentation du cheptel polarise clairement la trajectoire d'évolution. Quant aux agro-éleveurs, c'est surtout l'extension des cultures qui domine entre l'installation et le présent, puis c'est l'augmentation du cheptel qui prime dans le futur grâce à la capitalisation des surplus agricoles dans le bétail.

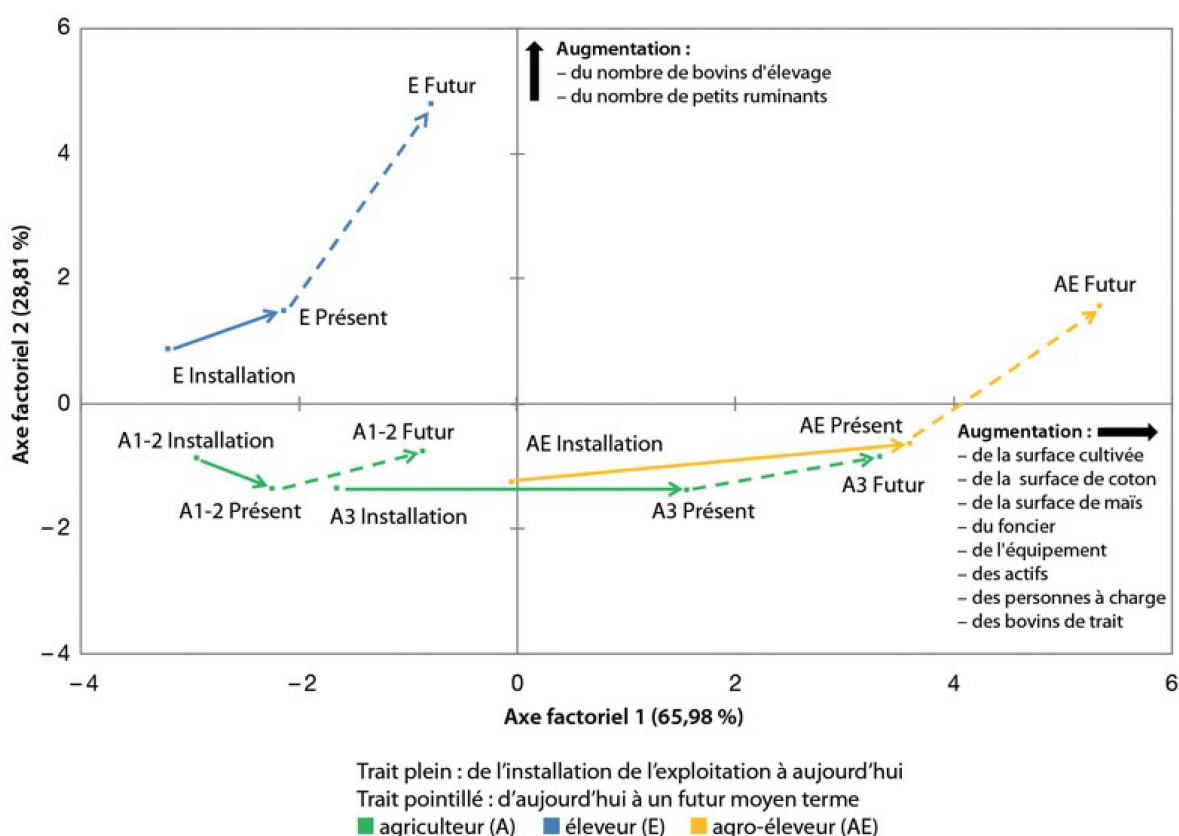


Figure 1.1 Trajectoires d'évolution simplifiées des systèmes de polyculture-élevage.

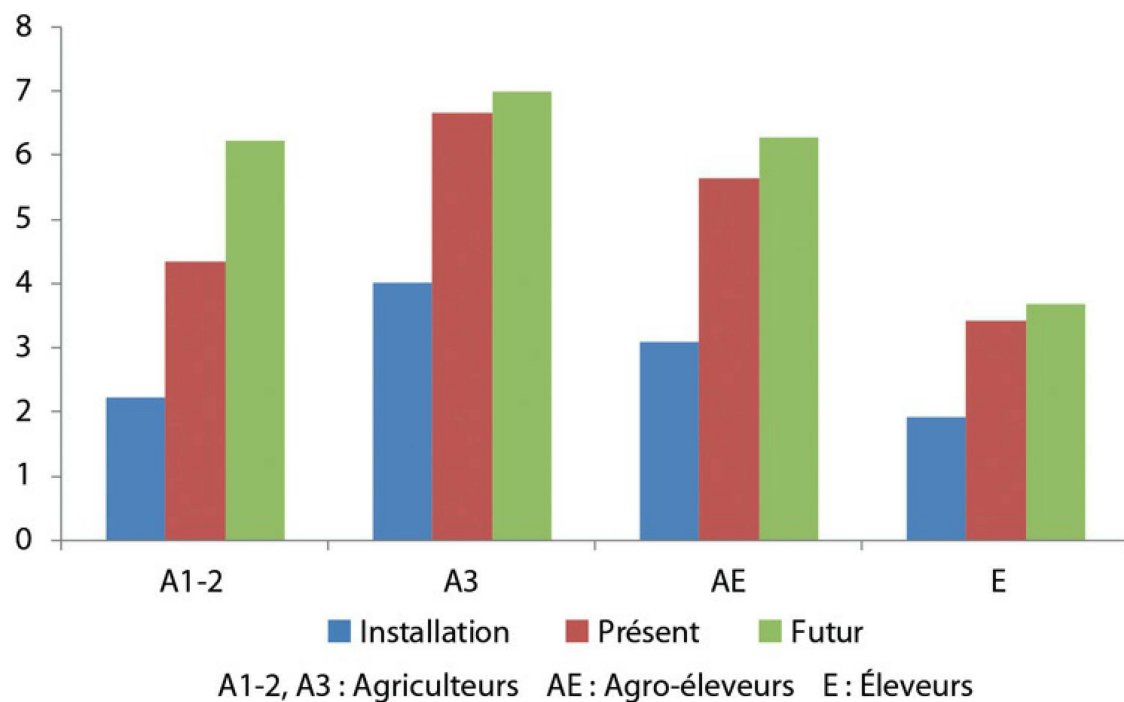
Les sous-catégories d'agriculteurs A1 et A2 ont été fusionnées ainsi que celles des agro-éleveurs E1 et E2. Voir tab. 1.1 pour plus de détails sur les caractéristiques des sous-classes de systèmes de polyculture-élevage.

Évolution des pratiques agricoles

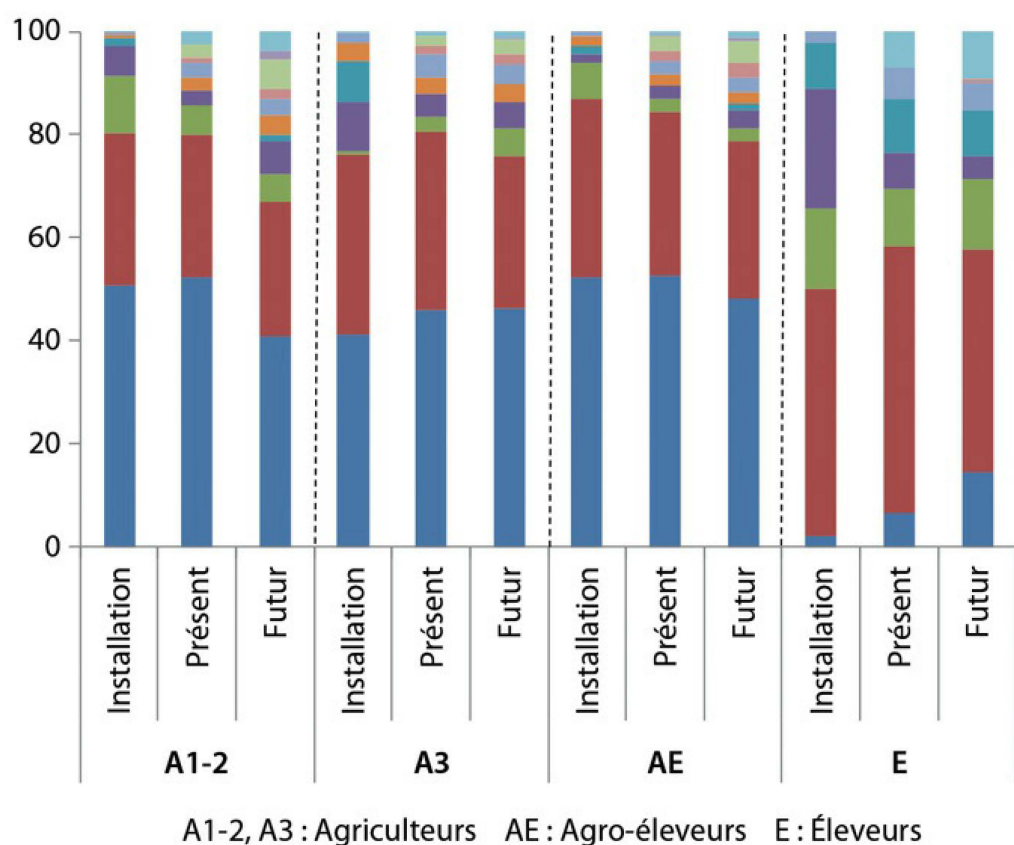
Au niveau des pratiques agricoles, nos travaux ont montré les évolutions suivantes : une tendance à la diversification des cultures, un recours accru aux intrants de synthèse (engrais, pesticides), et concomitamment un renforcement de l'association de l'agriculture et de l'élevage.

Au niveau des assolements (fig. 1.2a et b), les producteurs diversifient davantage les cultures pour élargir leurs sources de revenus, et pour répondre à l'émergence de nouveaux marchés (riz, sésame, soja, tournesol, etc.). La diversification observée ne traduit pas encore une pratique agro-écologique, d'autant plus que cette diversification se fait en cultures pures et sur des toutes petites surfaces de l'assolement encore largement dominé par le cotonnier et le maïs.

a. Nombre de cultures dans l'assolement



b. Proportion de surface (en %)



Arachide Soja Sésame Riz Niébé Cultures fourragères
Mil Sorgho B Sorgho R Maïs Cotonnier

Figure 1.2. Évolution du nombre de cultures (a), évolution de

l'assolement (b) selon la catégorie de systèmes de polyculture-élevage.

Les producteurs ont davantage recours aux intrants de synthèse tels que les engrais minéraux (NPK et urée), les herbicides et les insecticides. Pour les engrais minéraux, ce changement a été observé dans toutes les classes d'exploitation. Les producteurs, qui utilisaient les engrais minéraux de façon marginale jusque dans les années 1990, ont fortement accru leur emploi d'abord sur le cotonnier, puis sur le maïs. Ils en ont également augmenté les doses, même si elles restent modérées par rapport aux agricultures très intensives des pays développés. Cette tendance à l'augmentation des doses est nette pour le maïs (fig. 1.3a), mais en revanche elle est maintenant plus modérée pour le cotonnier (fig. 1.3b) : la généralisation de la culture cotonnière intensive étant ancienne par rapport à celle du maïs, cela fait déjà longtemps que les doses avaient été augmentées. Nous avons aussi remarqué que les producteurs fractionnaient tous les apports d'engrais, ce qui auparavant n'était pas le cas. Dans les années 2000, les producteurs sont passés à l'utilisation des herbicides. Aujourd'hui, c'est une pratique très répandue.

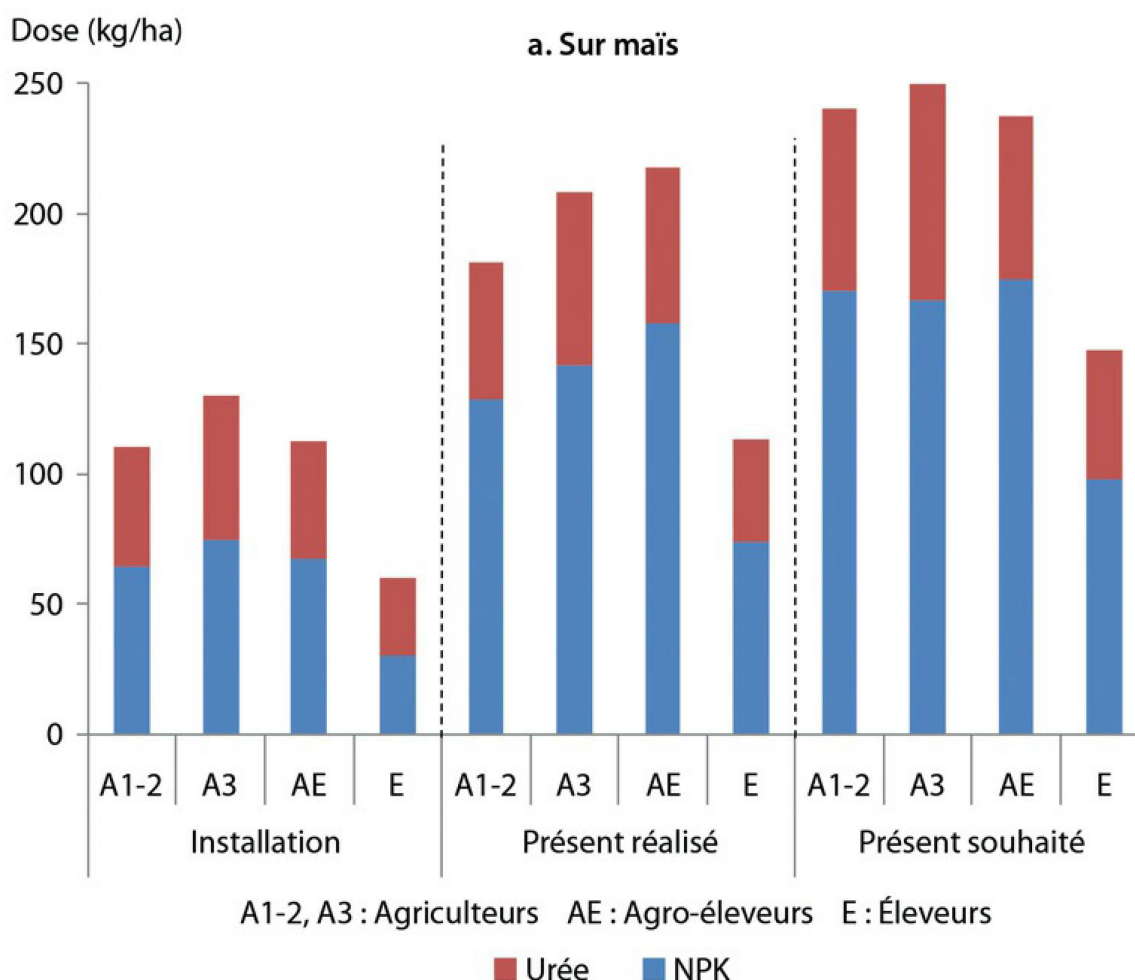


Figure 1.3.a. Évolution des doses d'engrais minéraux sur maïs, entre l'installation et aujourd'hui (présent), et comparaison réalisé/souhaité pour la pratique présente, selon les catégories de systèmes de polyculture-élevage (cf. tab. 1.1).

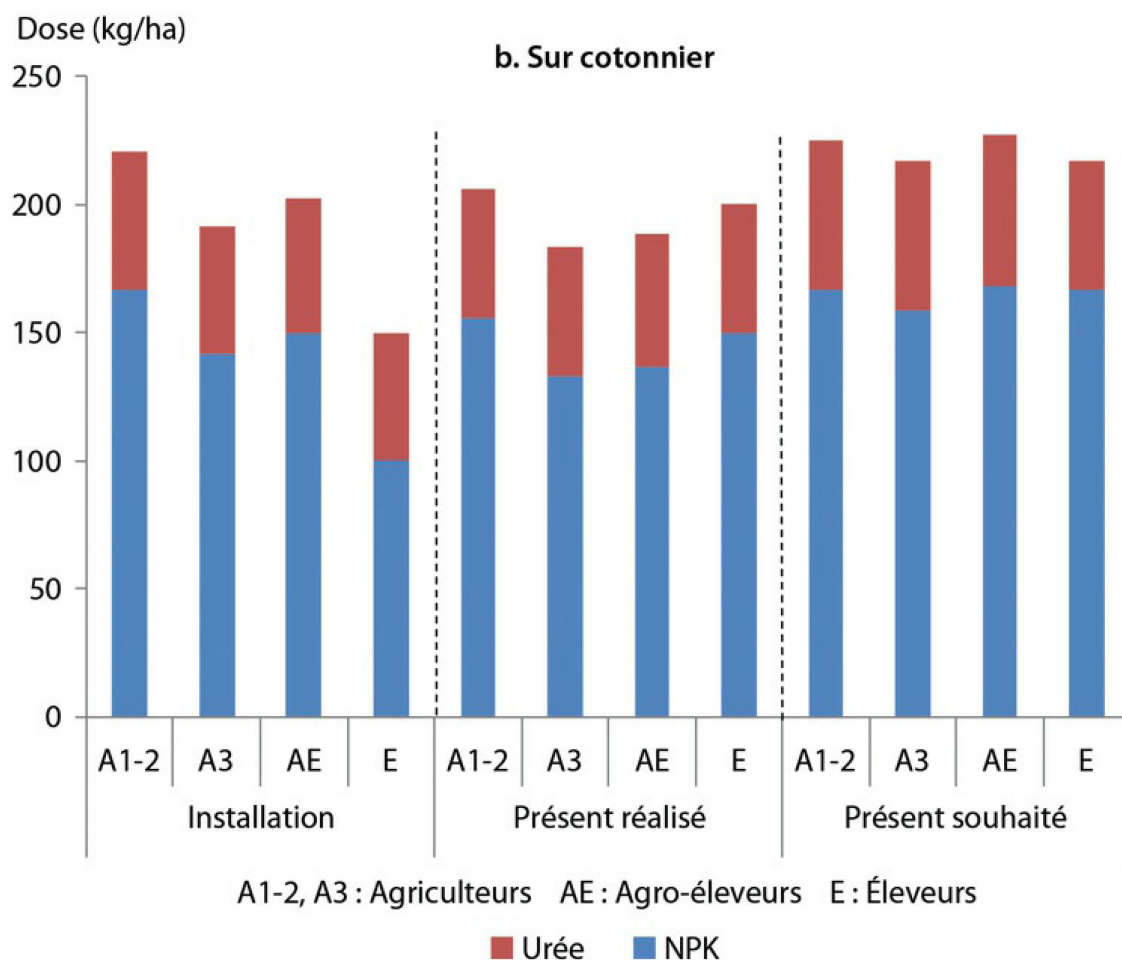


Figure 1.3.b. Évolution des doses d'engrais minéraux sur cotonnier, entre l'installation et aujourd'hui (présent), et comparaison réalisé/souhaité pour la pratique présente, selon les catégories de systèmes de polyculture-élevage (cf. tab. 1.1).

Les producteurs ont renforcé l'interaction entre l'agriculture et l'élevage, et cette tendance s'observe dans toutes les classes d'exploitation. Ils ont commencé par adopter la traction animale pour accroître les surfaces cultivées, notamment depuis le milieu des années 1980, pour la grande majorité d'entre eux. Aujourd'hui, certains producteurs plus aisés, notamment parmi les agro-éleveurs, ont même adopté le tracteur. Les producteurs ont aussi significativement augmenté leur production de fumure organique et l'utilisent largement sur le maïs et sur le cotonnier (fig. 1.4a et b), ce qu'ils justifient par la baisse de fertilité des sols et l'augmentation du prix des engrais.

Système de polyculture-
élevage concerné (%)

a. Fumure organique sur maïs

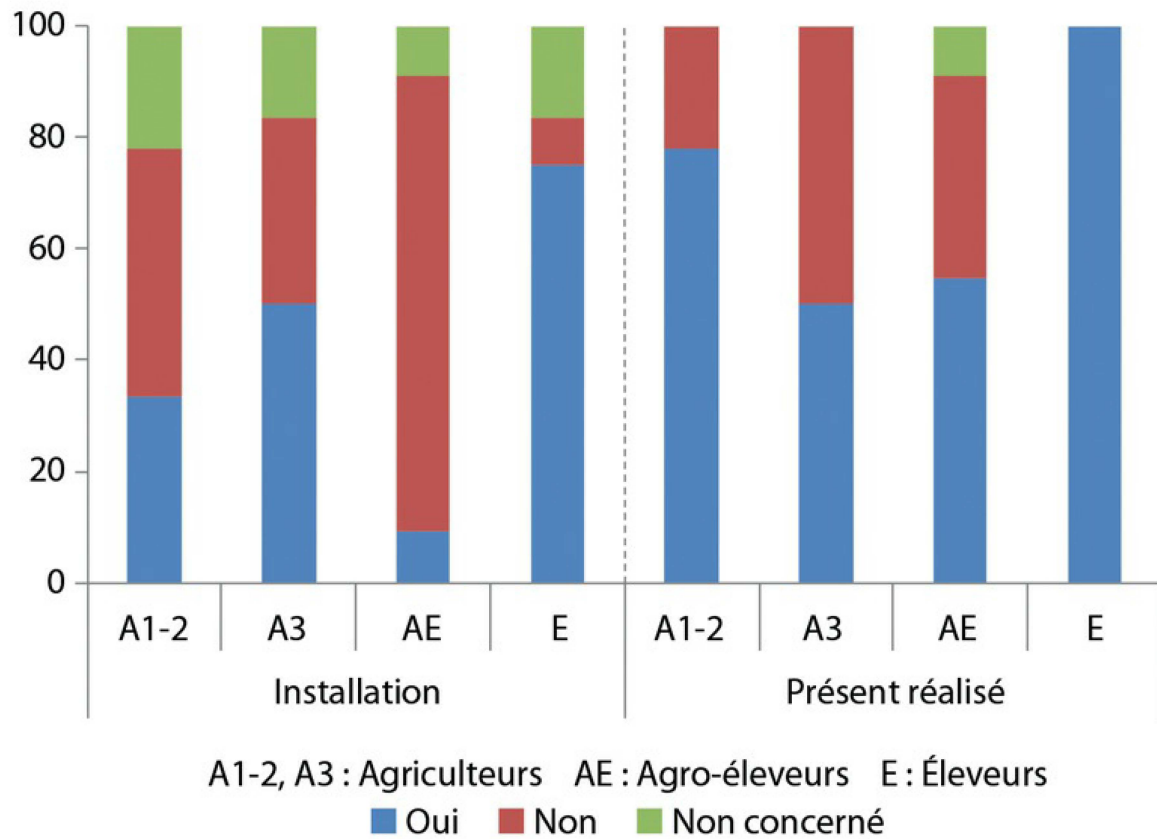


Figure 1.4.a. Évolution de l'application de la fumure organique sur maïs, selon les catégories de systèmes de polyculture-élevage (cf. tab. 1.1).

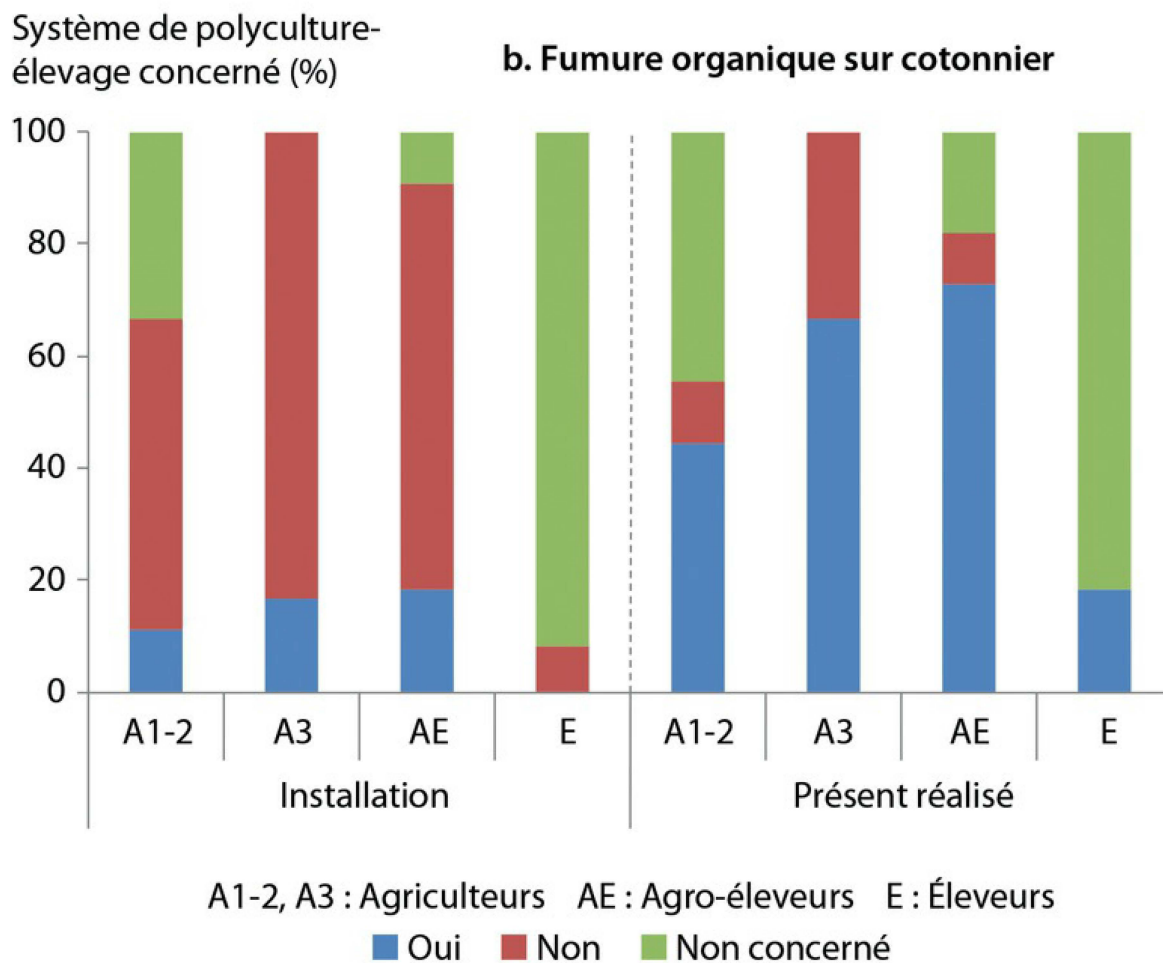
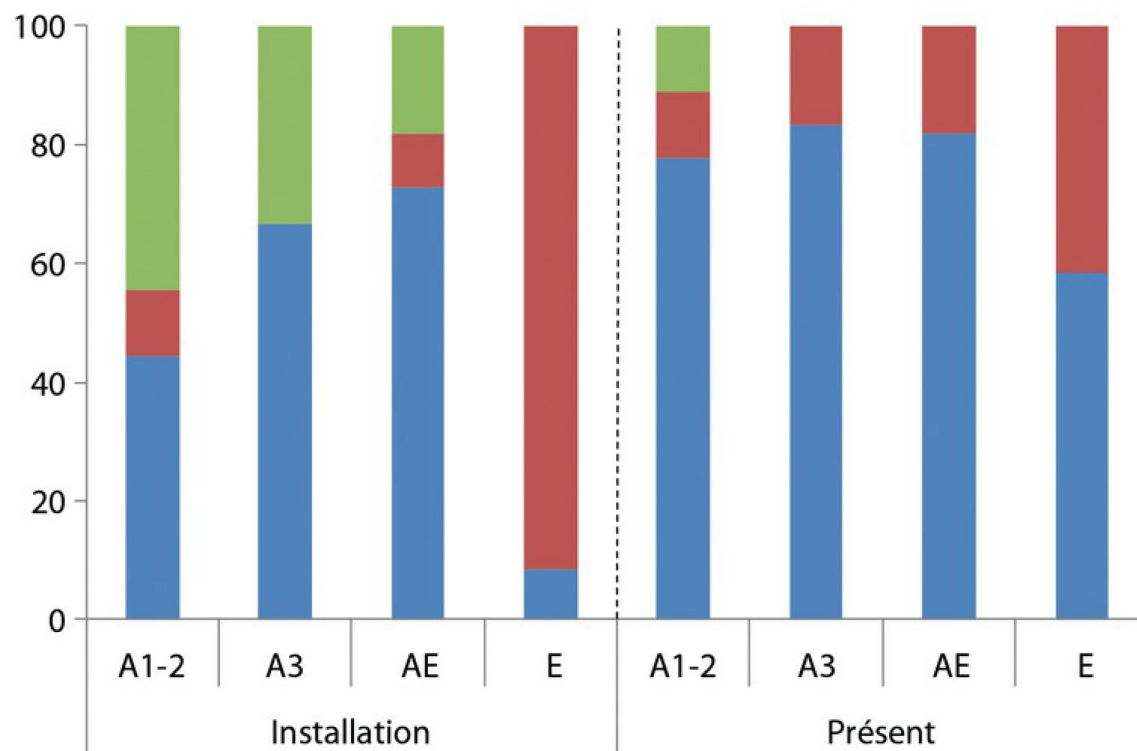


Figure 1.4.b. Évolution de l'application de la fumure organique sur cotonnier, selon les catégories de systèmes de polyculture-élevage (cf. tab. 1.1).

Aujourd'hui les producteurs stockent de plus en plus systématiquement des résidus de culture à des fins fourragères (fig. 1.5a). On a observé également les prémices du développement des cultures fourragères, dans une minorité d'exploitations d'éleveurs et d'agro-éleveurs, avec une volonté déclarée d'augmenter les surfaces dans le futur (fig. 1.5b).

Système de polyculture-
élevage concerné (%)

a. Stockage de fourrage



A1-2, A3 : Agriculteurs AE : Agro-éleveurs E : Éleveurs

■ Oui ■ Non ■ Non concerné

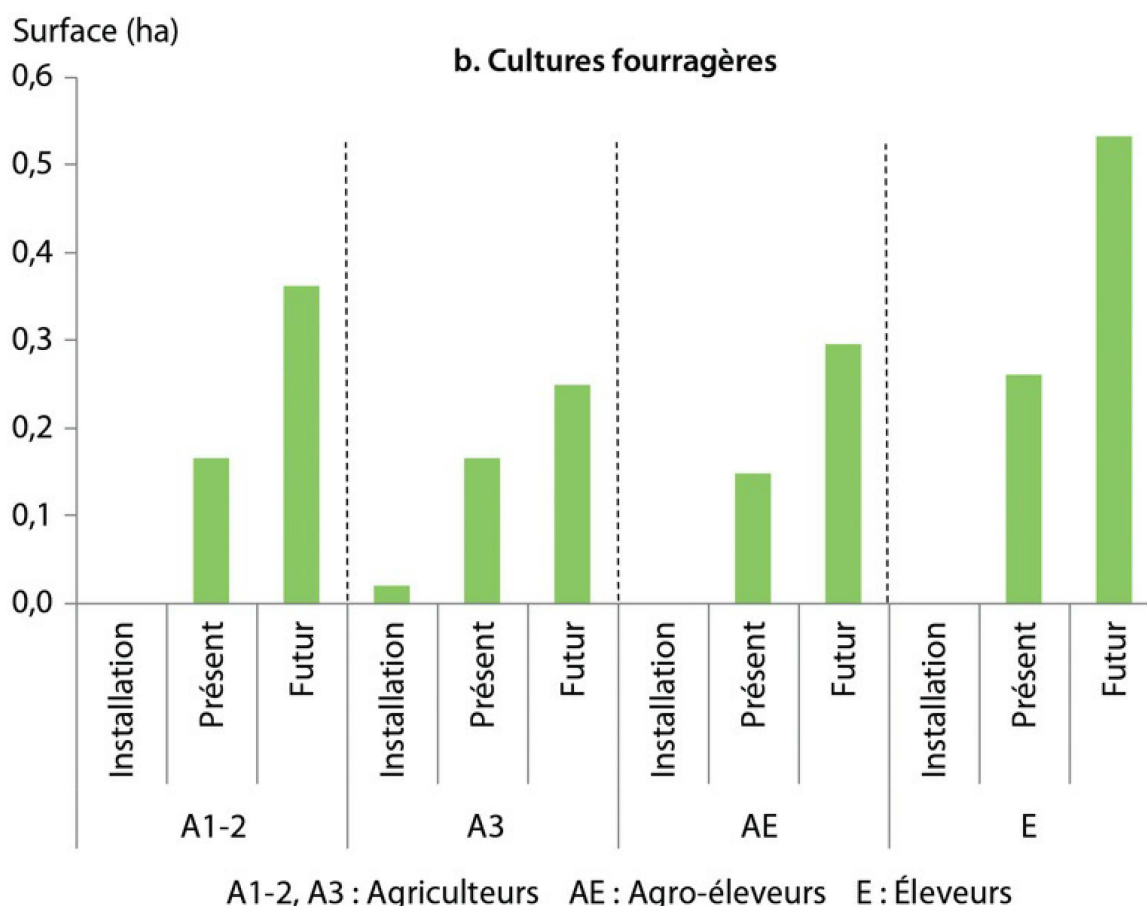


Figure 1.5. Évolution de la pratique de stockage de fourrage (a), des cultures fourragères (b) selon les catégories de systèmes de polyculture-élevage (cf. tab. 1.1).

Au niveau du parc arboré présent sur les parcelles de cultures (tab. 1.2), nous n'avons pas relevé de relations évidentes entre les catégories de systèmes de polyculture-élevage, la composition et la densité du parc arboré. Chez les éleveurs cependant, on a remarqué une tendance à conserver une plus grande diversité d'espèces.

Tableau 1.2. Densité et composition du parc arboré des parcelles cultivées en arbres par hectare, selon les catégories de systèmes de polyculture-élevage (sources : données personnelles, observation faite sur 40 exploitations).

Classes	Toutes essences	Karité (<i>Vitellaria paradoxa</i>)	Néré (<i>Parkia biglobosa</i>)	Balazan (<i>Faidherbia albida</i>)	Autres essences
A1-2	14 ± 5	9 ± 3	1 ± 2	1 ± 1	2 ± 2
A3	13 ± 5	8 ± 5	1 ± 1	2 ± 3	1 ± 0

AE	11 ± 4	8 ± 3	1 ± 1	1 ± 2	1 ± 1
E	14 ± 8	7 ± 9	1 ± 1	0 ± 1	6 ± 4
Moy.	13 ± 5	8 ± 6	1 ± 1	1 ± 2	3 ± 3

Des systèmes de polyculture-élevage encore peu engagés dans la transition agro-écologique

Dans les systèmes de polyculture-élevage de l'ouest du Burkina Faso, les producteurs combinent une stratégie d'extension des surfaces et du cheptel, avec une stratégie d'intensification conventionnelle (augmentation du recours aux engrais de synthèse, aux semences améliorées et aux matériels agricoles), doublée d'une stratégie d'intensification à caractère agro-écologique fondée principalement sur l'association de l'agriculture et de l'élevage, et sur le maintien de l'arbre dans l'agroécosystème. L'association de l'agriculture et de l'élevage se caractérise par :

- un recours massif à l'énergie animale pour les travaux agricoles et les transports ;
- l'augmentation du recyclage des résidus agricoles des exploitations, et le début de l'installation des cultures fourragères avec des espèces à usages multiples ;
- l'amélioration de la production de fumure organique.

Les systèmes de polyculture-élevage de l'ouest du Burkina Faso sont encore peu avancés dans la transition agro-écologique. Ils se situent à un stade où les producteurs maintiennent l'usage d'intrants de synthèse à un niveau modéré, tout en introduisant des pratiques à caractère agro-écologique fondées principalement sur l'association de l'agriculture et de l'élevage. Pour accompagner les producteurs vers une transition plus profonde, c'est-à-dire pour créer des effets d'intensification durables en valorisant mieux les interactions possibles entre la végétation naturelle, les troupeaux et les cultures, ainsi que le recyclage des biomasses dans les exploitations et dans les territoires, nous avons engagé des travaux de co-conception d'innovations techniques et organisationnelles. L'approche mise en œuvre a été systémique et multi-échelle pour que les contraintes s'exerçant à des niveaux d'échelles supérieurs, ou inférieurs, ne freinent pas le changement aux autres niveaux (fig. 1.6).

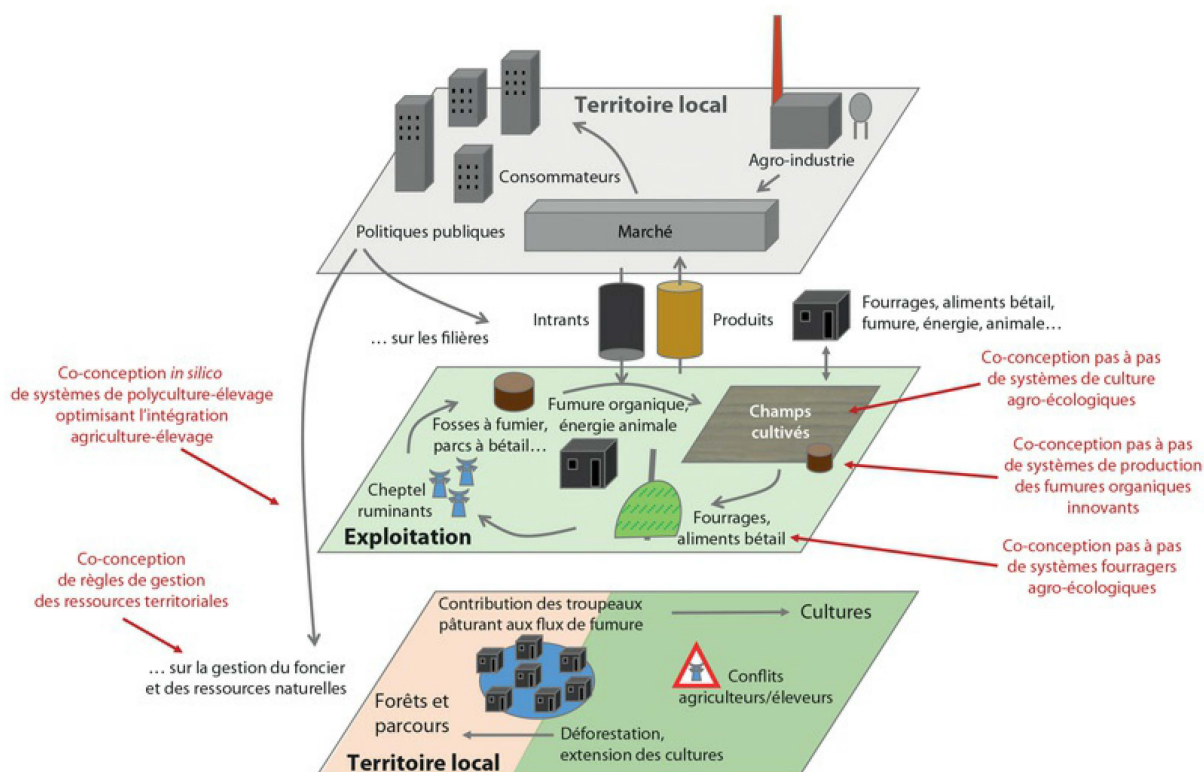


Figure 1.6. Interactions entre l'agriculture et l'élevage dans les systèmes de polyculture-élevage de l'ouest du Burkina Faso et positionnement des travaux de co-conception réalisés pour accompagner leur transition agro-écologique.

Co-conception d'innovations à l'échelle du territoire et de l'exploitation

Nous présentons une synthèse de ces travaux de co-conception réalisés pour accompagner la transition agro-écologique des systèmes de polyculture-élevage à différentes échelles : territoires, exploitations et systèmes de production.

Co-conception de règles de gestion des ressources territoriales

Au Burkina Faso, les collectivités locales issues de la décentralisation ont besoin de rénover les dispositifs de gestion des ressources naturelles de leur territoire, pour les exploiter durablement, contrôler les compétitions et gérer les conflits entre usagers. Depuis 2009, l'évolution de la loi foncière leur permet de mettre en place des chartes foncières locales. Inspirée par

les coutumes, usages et pratiques locaux, mais non contraire aux lois et règlements de l'État, une charte détermine à une échelle bien définie les règles particulières relatives à la bonne gestion des ressources territoriales.

De 2008 à 2012, avec l'appui du projet Fertipartenaires[2], nous avons accompagné la commune de Koumbia dans la conception et la mise en place d'une charte foncière locale pour établir des règles d'utilisation des ressources et des espaces compatibles avec une gestion durable des ressources et une transition agro-écologique (Vall *et al.*, 2015). Vu le nombre d'acteurs concernés, au niveau de la commune (14 villages, 1 358 km², 36 000 habitants) et au-delà (province, État), un dispositif de représentation des acteurs relativement complexe a dû être mis en place pour établir la charte. Durant la phase exploratoire, des cadres de concertation transitoires ont été mobilisés dans chaque village pour faire un état des lieux participatif et pré-identifier des règles de gestion des ressources. Durant la phase de rédaction, un cadre de concertation *ad hoc* incluant les représentants des villages, les élus et l'administration a permis d'ajuster ces règles au cadre légal et de concevoir un projet de charte.

Le conseil municipal de Koumbia a adopté la charte en 2010 (Vall *et al.*, 2015). La troisième phase visait à mettre en place les commissions chargées de son application et de ses articles portant sur la gestion des terres agricoles, des espaces pastoraux, des espaces forestiers, des mares et des cours d'eau. Mais en 2012, certains décrets d'application de la loi foncière n'avaient toujours pas été publiés. De plus, les événements de 2014 (chute du président Blaise Compaoré le 31 octobre) n'ont pas permis de mettre la charte en application. De fait, à ce jour, son impact sur la facilitation de la mise en œuvre de pratiques et de systèmes agro-écologiques n'a pas pu être évalué et reste hypothétique. La mise en place de la charte mériterait d'être reprise et poursuivie pour atteindre les résultats escomptés.

Co-conception *in silico* pour optimiser l'intégration agriculture-élevage

Le fonctionnement d'un système de polyculture-élevage est relativement complexe du fait de la multiplicité de ses composantes. Un changement de pratique intervenant sur l'une des composantes se répercute immédiatement sur les autres. C'est la raison pour laquelle la modélisation

de son fonctionnement est en théorie très utile pour chercher à optimiser l'association de l'agriculture et de l'élevage et pour étudier les effets des changements de pratiques sur lui. Plusieurs outils de simulation du fonctionnement de l'exploitation ont été testés en vue de renouveler les démarches de co-conception de systèmes de production, et d'accompagnement des producteurs dans le cadre d'une démarche participative impliquant le chercheur, le producteur, le technicien du ministère de l'Agriculture ou de l'Élevage.

Le premier s'appelle *Cikeda* (qui signifie « exploitation agricole » en langue dioula) et permet de calculer l'effet de différentes alternatives techniques et organisationnelles sur des flux de ressources (résidus, fumure organique, céréales) à l'échelle de l'exploitation sous forme de bilan fourrager, minéral, céréalier, ainsi que sur le revenu (Andrieu *et al.*, 2012). Le second, *Simflex* (Andrieu *et al.*, 2015), simule les principales règles de décision de l'agriculteur face aux aléas climatiques et économiques, et le troisième, *optimCikeda*, est un modèle d'optimisation linéaire qui maximise le revenu de l'exploitation sous contrainte.

Ces outils ont servi de support à la réflexion stratégique et tactique de respectivement 6 et 18 producteurs représentatifs des trois catégories de système de polyculture-élevage et ayant des projets (Sempore *et al.*, 2015 a et b). Dans le premier cas (réflexion stratégique), il s'agissait d'analyser avec six producteurs l'intérêt d'une nouvelle activité de production telle qu'un atelier d'engraissement de bovins. Dans le deuxième cas (réflexion tactique), il s'agissait davantage de planifier les activités à réaliser au cours de la prochaine campagne agricole (surfaces des différentes cultures, apports de fumure organique, quantités de fourrages à réaliser). Ces différents outils ont permis de renforcer les connaissances en matière d'intégration agriculture-élevage chez l'ensemble des producteurs ayant expérimenté les outils de simulation, *Cikeda* ayant été le mieux perçu par les agriculteurs du fait de la simplicité de la représentation de l'exploitation. Une évaluation des pratiques a aussi été mesurée l'année qui a suivi l'utilisation des différents outils et a montré une augmentation de plus de 20 % des quantités de compost produites, et l'introduction d'ateliers d'embouche et des cultures fourragères chez 80 % des producteurs. Des outils de modélisation plus spécifiques à l'élevage ont également été conçus et utilisés pour concevoir des ateliers d'élevage innovants (Delma *et al.*, 2016).

Co-conception pas à pas de systèmes de culture agro-écologiques

Les travaux de co-conception de systèmes de cultures agro-écologiques poursuivaient deux objectifs : d'une part, promouvoir des systèmes de cultures en agriculture de conservation (sans travail du sol, avec couverture permanente et diversification végétale) pour limiter la dégradation de la fertilité ; et d'autre part, créer des systèmes de cultures associées — principalement céréales légumineuses — afin de diversifier et de sécuriser la production, tout en profitant de l'apport d'azote au système par la légumineuse.

Des systèmes de culture en agriculture de conservation ont été testés durant plusieurs années chez des producteurs avec du sorgho associé au pois d'Angole (*Cajanus cajan*), puis du maïs associé au niébé (*Vigna unguiculata*). Les résultats ont montré, au bout de quatre ans, des rendements de 2 889 kg/ha de maïs grain et des stocks de carbone dans l'horizon superficiel (5 cm) de 10,73 t C/ha sur les parcelles en agriculture de conservation contre respectivement 2 605 kg/ha et 6,35 t C/ha sur les parcelles conventionnelles (Sanon, 2017 ; Coulibaly *et al.*, 2018). À ce jour, on relève pourtant peu d'adoption de ces systèmes, en raison de difficultés encore importantes de nature technique (maîtrise des adventices, méconnaissance du pois d'Angole), ou organisationnelle et culturelle (difficulté à garder des résidus sur les parcelles). Mais on a relevé un intérêt reconnu par les producteurs pour améliorer la fertilité de parcelles dégradées.

Pour les cultures associées en systèmes conventionnels, les principaux systèmes testés ont été les associations du maïs avec diverses légumineuses à usages multiples (alimentation humaine, fourrage, couverture du sol). Coulibaly *et al.* (2012) ont montré que l'association maïs/niébé permettait d'économiser 30 % de superficie par rapport à la culture pure du maïs et du niébé, et que l'association maïs/mucuna (*Mucuna rajada*) permettait d'économiser 26 % de surface en termes de production globale du système. Avec la mécanisation du sarclage dans les lignes de cultures en zone cotonnière, les associations sont toutefois difficiles à mettre en œuvre sans un arrangement libérant l'interligne de culture, ce qui explique en grande partie le peu d'adoption des cultures associées, voire leur disparition quand les producteurs utilisent des herbicides. De nouveaux travaux visent à adapter les systèmes pour assurer

une meilleure réintroduction des légumineuses dans ce nouveau contexte.

Co-conception pas à pas de systèmes fourragers agro-écologiques

Pour faire face à la réduction des espaces pastoraux, mais également aux problèmes d'accessibilité et de prix des aliments bétail sur le marché, qui limitent les projets d'expansion des ateliers d'élevage (achat d'animaux de trait, production de lait ou d'embouche) dans les exploitations (Delma *et al.*, 2016), nous avons accompagné les producteurs dans la conception et la mise en œuvre de techniques de production et de stockage de fourrages.

Un premier volet du travail, réalisé à grande échelle (plusieurs centaines de parcelles d'essai chez les producteurs), a concerné la production de légumineuses fourragères (*Mucuna deeringiana*, *Vigna unguiculata*, *Cajanus cajan*, etc. ; Ouattara *et al.*, 2016). La préférence des producteurs s'est portée davantage sur le *V. unguiculata* pour son caractère multi-usage (nourriture, fourrage, fertilité) et ses fanes de qualité (Gomgnimbou *et al.*, 2017), et pour le *M. deeringiana*, facile et économique à cultiver (2 à 4 tonnes de matière sèche [MS] de fanes par hectare).

Un autre volet du travail a concerné l'installation de plantations d'arbres fourragers, *Leucaena leucocephala* et *Morus alba*, implantées à haute densité (20 000 plants/ha) et dénommées « banques fourragères arbustives » (Ollo *et al.*, 2016). Après la période d'installation (12 mois), les banques entrent en production. D'après les premiers résultats, la production (4 à 10 t MS/ha) n'est pas à la hauteur des objectifs visés par les éleveurs (15 à 20 t MS/ha), mais les premières banques ont résisté à la saison sèche, au feu et aux termites, ce qui les rend potentiellement très intéressantes.

Pour l'instant, l'adoption des cultures fourragères, annuelles et arbustives, reste limitée, et le pâturage, le stockage des résidus et l'achat d'aliments demeurent les options préférées des éleveurs. Ces travaux ont eu néanmoins quelques effets inattendus et prometteurs, comme la création d'une mini-laiterie par les femmes peules de Koumbia, ou la mise en œuvre d'une activité de production de semence de *M. deeringiana* par des producteurs de Kourouma. Ces effets indiquent un effet probable d'autonomisation de la co-conception, et révèlent l'intérêt d'élargir les

dispositifs de conception aux acteurs de l'amont et de l'aval des filières pour mieux traiter des questions de viabilité et de faisabilité des innovations.

Co-conception pas à pas de systèmes de production des fumures organiques innovants

Dans l'ouest du Burkina Faso, la majorité de la production de fumure se fait à proximité des zones d'habitation où sont parqués les animaux (Diarisso *et al.*, 2016). Le transport des litières et des fumures représente donc une charge de travail importante et constitue un réel frein à la production de fumure organique, d'autant plus qu'avec l'extension des cultures sur les territoires, les distances à parcourir sont de plus en plus longues. Nous avons proposé aux producteurs de tester la délocalisation de la production de fumure organique au champ en adaptant les modes de production pour réduire cette contrainte de transport (Blanchard *et al.*, 2017 ; Benagabou *et al.*, 2017).

L'objectif était de produire directement au champ une fumure de qualité avec un minimum de travail et d'intrants. Un travail conduit à grande échelle (plus de 1 000 fosses), entre 2005 et 2012, a permis de concevoir un modèle de production de fumure organique en fosses de champs cimentées, remplies en fin de saison sèche ($\frac{1}{28}$ 20 % de déjection animale, 80 % de résidus agricoles), avec apport d'eau pluviale, sans hachage et sans retournement, et vidange au bout de 12 mois, pour un rendement d'environ 50 %, une production de 150 kg MS/m³, une teneur d'environ 10 g C /100 g, et un rapport carbone/azote d'environ 20 (Blanchard *et al.*, 2014).

L'évaluation de l'impact de ce travail réalisé en 2015 a confirmé l'adoption de cette technique, et mis en évidence un début d'impact sur la production de fumure organique (augmentation de 7 tonnes par exploitation), sur les rendements du maïs (+ 786 kg/ha), et de l'avis des producteurs sur l'amélioration de la fertilité du sol, sur l'augmentation de leurs revenus et sur leur sécurité alimentaire (Vall *et al.*, 2016). L'augmentation et l'amélioration agro-écologique de la production de fumure est un thème qui intéresse toujours les producteurs. Aujourd'hui, les pratiques continuent à évoluer avec l'installation de bio-digesteurs et des essais de fertilisation à base de déjections de chenilles du karité

(Coulibaly *et al.*, 2016).

Conclusions

Ces travaux de co-conception de systèmes innovants ont contribué à transformer les systèmes agricoles locaux et à accompagner les producteurs dans une transition agro-écologique.

Ils ont produit deux grandes catégories de résultats (*outputs*) : des innovations agro-écologiques potentielles ; et des analyses des processus d'évolution en cours. Ces deux types de résultats ont fait l'objet de publications scientifiques et techniques.

Les évolutions observées montrent que les systèmes de polyculture-élevage de l'ouest du Burkina Faso sont encore à un stade peu avancé de la transition agro-écologique dans lesquels les producteurs maintiennent l'usage d'intrants de synthèse à un niveau modéré, tout en introduisant des pratiques agro-écologiques fondées principalement sur le renforcement de l'association de l'agriculture et de l'élevage.


Les résultats des travaux de co-conception ont aussi contribué à des changements de pratiques dans les systèmes de polyculture-élevage. Mais, l'adoption de pratiques agro-écologiques a été inégale selon le type d'innovation proposée. Pour des innovations se greffant sur des changements déjà en cours, l'adoption et les premiers impacts ont été plus rapides à observer. Cela a été le cas des innovations allant dans le sens du renforcement de l'association agriculture-élevage, comme les fosses au champ. En revanche, pour des innovations à contre-courant des modèles d'intensification soutenus par le développement, comme les semis sur couverture végétale, et même les cultures associées, l'adoption est encore très limitée. Des changements inattendus ont aussi été observés chez certains acteurs impliqués dans les travaux de co-conception, comme l'installation d'une mini-laiterie, de bio-digesteurs, de fenils, de commercialisation de semences de *Mucuna*. Ces changements illustrent un effet d'autonomisation (*empowerment*) de la co-conception à travers le prolongement de l'action dans une autre direction, choisie par les acteurs des terrains eux-mêmes.


Les succès et les échecs de ces travaux de co-conception de systèmes de

polyculture-élevage innovants nous ont également conduits à formuler quelques recommandations pour rendre la co-conception plus efficace et pour accélérer la transition agro-écologique :

- prendre le temps de bien étudier et de comprendre les dynamiques d'évolutions en cours pour ajuster les propositions d'innovations aux contraintes et aux objectifs des producteurs ;
- préparer la co-conception de systèmes agricoles innovants, par des études des processus agro-écologiques mobilisables à différentes échelles, et prévoir des actions d'accompagnement du changement pour consolider les résultats ;
- prendre en compte l'adaptation des règles de gestion des ressources territoriales lors de la co-conception de systèmes agricoles innovants ;
- intégrer les acteurs-clés des chaînes de valeurs et ceux impliqués dans la gestion des territoires aux dispositifs de co-conception tels que les plateformes d'innovation ;
- coupler des innovations inconnues des acteurs de terrains avec des innovations en cours pour mieux les intéresser et les impliquer.

Références

Andrieu N., Dugué P., Le Gal P.Y., Rueff M., Schaller N., Sempore A.W., 2012. Validating a whole farm modelling with stakeholders: Evidence from a West African case. *Journal of Agricultural Science*, 4 (9), 159-173, <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n9p159> .

Andrieu N., Descheemaeker K., Sanou T., Chia E., 2015. Effects of technical interventions on flexibility of farming systems in Burkina Faso: Lessons for the design of innovations in West Africa. *Agricultural Systems*, 136, 125-137, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2015.02.010> .


Bationo A., Kihara J., Vanlauwe B., Waswa B., Kimetu J., 2007. Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agric. Syst.*, 94, 13-25.


Bénagabou O.I., Blanchard M., Bougouma M., Vayssieres J., Vigne M., Vall E., Lecomte P., Nacro H.B., 2017. L'intégration agriculture-élevage améliore-t-elle l'efficacité, le recyclage et l'autonomie énergétique brute des exploitations familiales mixtes au Burkina Faso ? *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 70 (2), 31-41,


<https://doi.org/10.19182/remvt.31479> .

Blanchard M., Coulibaly K., Bognini S., Dugué P., Vall E., 2014. Diversité de la qualité des engrais organiques produits par les paysans d'Afrique de l'Ouest : Quelles conséquences sur les recommandations de fumure ? *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 18 (4), 512-523.

Blanchard M., Vall E., Tinguéri B.L., Meynard J.M., 2017. Identification, caractérisation et évaluation des pratiques atypiques de gestion des fumures organiques au Burkina Faso : Sources d'innovation ? *Autrepart*, 81, 91-114.

Bricas N., Tchamda C., Martin P., 2016. Les villes d'Afrique de l'Ouest et du Centre sont-elles si dépendantes des importations alimentaires ? *Cahiers agricultures*, 25 (5), 55001. <https://doi.org/10.1051/cagri/2016036> .

Cirad, 2016. L'agro-écologie pour les agricultures tropicales et méditerranéennes : Le positionnement des recherches du Cirad, <http://agroecologie.cirad.fr> .


Cooper P.J.M., Dimes J., Rao K.P.C., Shapiro B., Shiferaw B., Twomlow S.J., 2008. Coping better with current climatic variability in the rain-fed farming systems of sub-Saharan Africa: An essential first step in adapting to future climate change? *Agriculture Ecosystems and Environment*, 126 (1-2), 24-35, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.01.007> .


Coulibaly K., Gnissien M., Yaméogo T.J., Traoré M., Nacro B.H., 2016. Perception des producteurs sur l'utilisation des déjections des chenilles dans la gestion de la fertilité des sols dans la région des Hauts-Bassins au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 108, 10531-10542.


Coulibaly K., Gomgnimbou A.P.K., Traoré M., Sanon J.F.K., Nacro H.B., 2018. Effets de l'agriculture de conservation sur la dynamique de l'eau et le stock de carbone d'un sol ferrugineux tropical à l'ouest du Burkina Faso. *Science et technique*, série Sciences naturelles et appliquées, spécial hors série, 4, 273-282.


Coulibaly K., Vall E., Autfay P., Nacro H.B., Sédogo P.M., 2012. Premiers résultats d'intensification écologique et démarche participative

en zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso. *Agronomie africaine*, 24 (2), 129-141.


Dabiré D., Andrieu N., Djamen P., Coulibaly K., Posthumus H., Diallo A., Karambiri M., Douzet J.M., Triomphe B., 2016. Operationalizing an innovation platform approach for community-based participatory research on conservation agriculture in Burkina Faso. *Experimental Agriculture*, 53 (3), 460-479, <http://dx.doi.org/10.1017/S0014479716000636> .

Delma B.J., Bougouma-Yameogo V., Nacro H.B., Vall E., 2016. Fragilité des projets d'élevage familiaux dans les exploitations de polyculture-élevage au Burkina Faso. *Cahiers agricultures*, 25 (3), 35005, <http://dx.doi.org/10.1051/cagri/2016019> .

Diarisso T., Corbeels M., Andrieu N., Djamen P., Douzet J.M., Tottonell P., 2016. Soil variability and crop yield gaps in two village landscapes of Burkina Faso. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 105 (3), 199-216, <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-015-9705-6> .

Duru M., Fares M., Therond O., 2014. Un cadre conceptuel pour penser maintenant (et organiser demain) la transition agroécologique de l'agriculture dans les territoires. *Cahiers agricultures*, 23 (2), 84-95, <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2014.0691> .


Gomgnimbou A.P.K., Coulibaly K., Sanou W., Sanon A., Nacro H.B., Sedogo M.P., 2017. Évaluation des composantes de rendements et de la teneur en éléments chimiques de la biomasse du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) en conditions d'expérimentation paysanne dans l'ouest du Burkina. *Afrique science*, 13 (5), 61-69.

Jahel C., Baron C., Vall E., Karambiri M., Castets M., Coulibaly K., Bégué A., Lo Seen D., 2017. Spatial modelling of agro-ecosystem dynamics across scales: A case in the cotton region of West-Burkina Faso. *Agricultural Systems*, 157, 303-315, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.016> .

Koutou M., Vall E., Chia E., Andrieu N., Traoré K., 2011. Leçons de l'expérience des comités de concertation villageois pour la conception des innovations : Le cas du projet Fertipartenaires au Burkina Faso. In : *Partenariat, modélisation, expérimentation : Quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique* (E. Vall,

N. Andrieu, E. Chia, H.B. Nacro, eds), Actes du séminaire, novembre 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Cédérom.

Meynard J.M., Dedieu B., Bos A.P., 2012. Re-design and co-design of farming systems: An overview of methods and practices. *In : Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic* (I. Darnhofer, D. Gibon, B. Dedieu, eds), Springer, 407-432.

Milleville P., Serpantié G., 1994. Intensification et durabilité des systèmes agricoles en Afrique Soudano-Sahélienne. *In : Actes du séminaire régional, Promotion de systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne*, 10-14 janvier 1994, Dakar, Sénégal, CTA Wageningen, Pays-Bas, 33-45, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/43575.pdf .


Ollo S., Vall E., Gonzalez-Garcia E., Blanchard M., Bougouma V., 2016. *Establishing high density protein banks in the West Africa context: An innovative contribution to the sustainable intensification of family dairy farming systems*, World Congress, Silvo-Pastoral System 2016, 27-30 septembre, Evora, Portugal.

Ouattara B., Sangaré M., Coulibaly K., 2016. Options pour une intensification durable de la production agricole et fourragère dans le système de production agropastoral des zones cotonnières du Burkina Faso. *Science et technique*, spécial hors-série, 2, 133-151.


Ouédraogo S., Vall E., Bandagao A.A., Blanchard M., Ba A., Dabire D., Fayama T., Havard M., Kouadio Kouakou P., Ouattara B., Saba F., Sodre E., Yarga H., 2016. Sustainable intensification of mixed farming systems in sub-humid savannah of Western Africa in relation to local value chains (maize, cattle, small ruminants, cotton...): PROIntensAFrica. *In : Depth Case study Final Report*, Inera-Cirad, Bobo-Dioulasso, 57 p.


Sanon J.F.K., 2017. Effets de l'agriculture de conservation sur les flux hydriques, la fertilité du sol et les rendements des cultures à l'ouest du Burkina Faso, mémoire d'ingénieur, Institut du Développement rural, Université Nazi Boni, 63 p.

Sempore A.W., Andrieu N., Le Gal P.Y., Nacro H.B., Sedogo M.P., 2015a. Supporting better crop-livestock integration on small-scale West African farms: A simulation based approach. *Agroecology and Sustainable*

Food Systems, 40 (1), 3623,
<https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1089966> .

Sempore A.W., Andrieu N., Nacro H.B., Sedogo M.P., Le Gal P.Y., 2015b. Relevancy and role of whole-farm models in supporting smallholder farmers in planning their agricultural season. *Environmental Modelling & Software*, 68 (2), 147-155.


Tittonell P., 2014 Ecological intensification of agriculture — sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 53-61,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.006> .


Vall E., Chia E., Blanchard M., Koutou M., Coulibaly K., Andrieu N., 2016. La co-conception en partenariat de systèmes agricoles innovants. *Cahiers agricultures*, 25 (1), 15001, <https://doi.org/10.1051/cagri/2016001> .

Vall E., Diallo M., 2009. Savoirs techniques locaux et pratiques : La conduite des troupeaux au pâturage (BF). *NSS*, 17 (2), 122-135.

Vall E., Diallo M.A., Fako Ouattara B., 2015. De nouvelles règles foncières pour un usage plus agroécologique des territoires en Afrique de l'Ouest : L'ingénierie écologique pour les services d'approvisionnement et socio-culturels. *Sciences eaux & territoires*, 16, 52-56.

Vall E., Dugué P., Blanchard M., 2006. Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton. *Cahiers agricultures*, 15 (1), 72-79.

Vall E., Koutou M., Blanchard M., Bayala I., Mathé S., 2016. Low cost and smart innovations in manure management in agro-pastoral systems of Western Burkina Faso, <https://impress-impact-recherche.cirad.fr/ex-post/case-studies/agro-pastoral-systems> .

Vall E., Marre-Cast L., Kamgang H.J., 2017. Chemins d'intensification et durabilité des exploitations de polyculture élevage en Afrique subsaharienne : Contribution de l'association agriculture-élevage. *Cahiers agricultures*, 26 (2), 25006. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017011> .